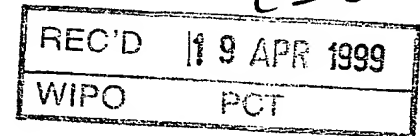




SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
CONFÉDÉRATION SUISSE
CONFEDERAZIONE SVIZZERA



09/673340

Bescheinigung

Die beiliegenden Akten stimmen mit den ursprünglichen technischen Unterlagen des auf der nächsten Seite bezeichneten Patentgesuches für die Schweiz und Liechtenstein überein. Die Schweiz und das Fürstentum Liechtenstein bilden ein einheitliches Schutzgebiet. Der Schutz kann deshalb nur für beide Länder gemeinsam beantragt werden.

Attestation

Les documents ci-joints sont conformes aux pièces techniques originales de la demande de brevet pour la Suisse et le Liechtenstein spécifiée à la page suivante. La Suisse et la Principauté de Liechtenstein constituent un territoire unitaire de protection. La protection ne peut donc être revendiquée que pour l'ensemble des deux Etats.

Attestazione

Gli uniti documenti sono conformi agli atti tecnici originali della domanda di brevetto per la Svizzera e il Liechtenstein specificata nella pagina seguente. La Svizzera e il Principato di Liechtenstein formano un unico territorio di protezione. La protezione può dunque essere rivendicata solamente per l'insieme dei due Stati.

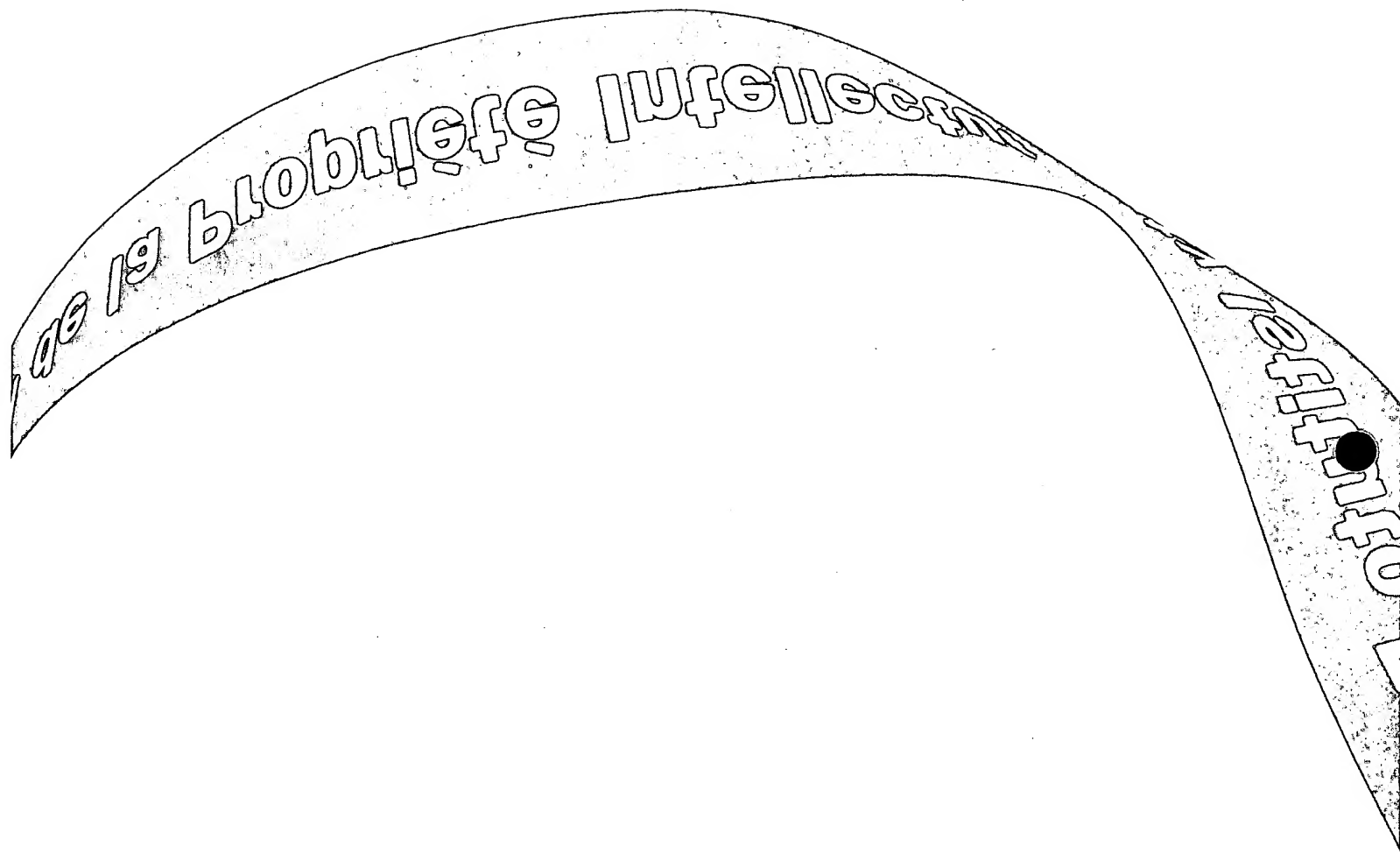
**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Bern, 14. April 1999

Eidgenössisches Institut für Geistiges Eigentum
Institut Fédéral de la Propriété Intellectuelle
Istituto Federale della Proprietà Intellettuale

Patentverfahren
Administration des brevets
Amministrazione dei brevetti

U. Kohler



Patentgesuch Nr. 1998 0861/98

HINTERLEGUNGSBESCHEINIGUNG (Art. 46 Abs. 5 PatV)

Das Eidgenössische Institut für Geistiges Eigentum bescheinigt den Eingang des unten näher bezeichneten schweizerischen Patentgesuches.

Titel:

Strukturbauteil aus Faserverstärktem thermoplastischem Kunststoff.

Patentbewerber:

RCC Regional Compact Car AG
Alte Feldeggstrasse 14-16
8034 Zürich

Vertreter:

Willi Lanker Patentanwalt
In der Gandstrasse 10
8126 Zumikon

Anmeldedatum: 15.04.1998

Voraussichtliche Klassen: B29C

THIS PAGE BLANK (USPTO)

STRUKTURBAUTEIL AUS FASERVERSTÄRKTEM THERMOPLASTISCHEM KUNSTSTOFF

Die Erfindung betrifft ein Strukturbauteil aus faserverstärktem thermoplastischem Kunststoff gemäss Oberbegriff von Anspruch 1 sowie ein Verfahren zur Herstellung eines derartigen Strukturbauteils und eine Anlage zur Ausführung dieses Verfahrens.

Solche bekannte faserverstärkte Form- und Strukturteile sind im allgemeinen entweder mit kostengünstigen Serienverfahren und mit nur relativ geringer Faserverstärkung herstellbar, womit wohl eine weite Formenvielfalt möglich ist, welche jedoch tragende Funktionen nicht erfüllen können. Oder es sind relativ teure, aufwendige Verfahren zur Herstellung von Strukturverbundteilen mit hohem Endlosfaseranteil erforderlich, welche Strukturteile für anspruchsvolle tragende Funktionen ermöglichen, wobei die Formgebung hier jedoch oft beschränkt ist bzw. einen nochmals erhöhten Aufwand erfordern würde. Mit den bekannten kostengünstigen Herstellverfahren können kurz- oder langfaserverstärkte Formteile mit relativ geringem Faseranteil und entsprechend beschränkten mechanischen Eigenschaften wie Festigkeit, Steifigkeit, Sprödigkeit und Kriechverhalten produziert werden. Solche Verfahren sind z.B. das Kurzfaser-Spritzgiessen, welches eine sehr gute Formgebung ermöglicht, aber infolge der sehr eingeschränkten verwendbaren Faserlängen (meist unter 3 mm) und der verhältnismässig geringen Anteile von Verstärkungsfasern jedoch mechanisch noch relativ schwach und spröde sind. Bei

einem weiteren bekannten Verfahren, dem Langfaser-Fliesspressen, sind grössere Faserlängen über 5 mm, z.B. 10 - 30 mm, möglich, welche bei guter Konsolidierung teilweise verbesserte mechanische Eigenschaften, vor allem auch reduzierte thermische Dehnungen, ermöglichen. Eine Methode zum formgerechten Einbringen der Langfaser-Schmelze ist z.B. aus der EP 769 358 bekannt. Mit formgerechtem Einbringen können kurze Fliesswege und Schonung der Langfasern erreicht werden. Auch damit sind jedoch noch keine tragenden Strukturen machbar. Insbesondere anspruchsvolle tragende Strukturteile, wie z.B. für Fahrzeugzellen, Chassisteile oder tragende Karosserieteile oder auch für leichte, aber stabile Transportbehälter usw., sind mit diesen bekannten Verfahren nicht herstellbar. Zu den hohen mechanischen Anforderungen an tragende Strukturteile im Fahrzeugbau werden nebst hohen Festigkeitswerten vor allem auch noch hohe Kriechfestigkeit und günstiges, definiert einstellbares Crash-Verhalten mit hoher Energieaufnahme gefordert. Solche anspruchsvolle tragende Strukturteile sind mit endlosfaserverstärkten Verbundteilen machbar, welche jedoch sehr aufwendige, teure Herstellverfahren bedingen. Dies sind z.B. Pressformen von flächigem Endlosfaser-Halbzeug (Organoblech-Pressen), welches jedoch nur eine beschränkte Formgebung erlaubt oder einen nochmals erhöhten Aufwand für aufwendigere Formgebung erfordert. Auch tragende Strukturteile aus hochfesten Duromer-Verbundwerkstoffen sind nur aufwendig und teuer herstellbar, erfordern im allgemeinen relativ lange Zykluszeiten und bilden auch bezüglich Recycling zusätzliche Probleme. Sie sind daher für grössere Serien im Fahrzeugbau nicht anwendbar.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, diese Beschränkungen bzw. Nachteile der bekannten Methoden und

Strukturbauteile zu überwinden und ein tragendes Strukturbauteil zu schaffen sowie ein entsprechendes Herstellungsverfahren und eine Anlage zu deren Herstellung anzugeben für ein Strukturbauteil, welches anspruchsvolle tragende Funktionen zuverlässig erfüllen kann und welches Strukturbauteil kostengünstig und in verschiedenen Formen herstellbar ist, wobei auch kurze Taktzeiten für eine Serienfertigung erreicht werden sollen. Überdies sollen auch Zusatzfunktionen, wie z.B. Krafteinleitungen in das Strukturbauteil möglich sein.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss gelöst durch ein Strukturbauteil gemäss Anspruch 1, ein Verfahren nach Anspruch 18 und eine Anlage zur Ausführung des Verfahrens nach Anspruch 30.

Mit der Erfindung werden im wesentlichen vorteilhafte Eigenschaften von Langfaser-Pressformteilen, welche einen weiten Bereich von Formgebungen ermöglichen, kombiniert mit den hohen mechanischen Eigenschaften der integrierten lasttragenden Tragstruktur der Endlosfaser-Stränge, indem auf einfache Art in einem Herstellungsverfahren, relativ kostengünstig und mit kurzen Taktzeiten, leichte und tragfähige Struktur- und Formteile machbar sind.

Die abhängigen Patentansprüche betreffen vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung, welche für verschiedene Anwendungen besondere Vorteile bezüglich Herstellbarkeit, mechanischen Eigenschaften, Gewicht und Herstellkosten sowie Zusatzfunktionen ermöglichen.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und Figuren weiter erläutert. Dabei zeigen:

- Fig. 1 einen Querschnitt durch ein erfindungsgemässes
Strukturbauteil
- Fig. 2, 3 Anordnungen von Endlosfaser-Strängen in
Strukturbauteilen
- Fig. 4, 5 tordierte und umwickelte Endlosfaser-Stränge
- Fig. 6 ein kraftaufnehmendes Insert an einem
Endlosfaser-Strang
- Fig. 7 ein Strukturbauteil mit Einlagen
- Fig. 8, 9 Strukturbauteile mit räumlichen
Profilquerschnitten
- Fig. 10 eine äussere Verbindungsstelle
- Fig. 11 einen Strukturkörper, gebildet aus mehreren
Strukturbauteilen
- Fig. 12 einen Strukturkörper, gebildet aus zwei
Halbschalen
- Fig. 13 ein Transportgitter mit abgelegten Endlosfaser-
Strängen
- Fig. 14 ein Strukturbauteil mit zwei Lagen von
Endlosfaser-Strängen
- Fig. 15 eine Fahrzeugseitenwand mit fachwerkartiger
Tragstruktur
- Fig. 16 einen Endlosfaser-Strang mit eingeformtem Auge
- Fig. 17 ein Halteelement am Ende eines Endlosfaser-
Strangs
- Fig. 18 einen bewegbaren Fixierstift zur Positionierung
von Endlosfaser-Strängen
- Fig. 19 eine Anlage zur Herstellung von
Strukturbauteilen
- Fig. 20 Ausformungen des Ablegewegs in einem
Formwerkzeug
- Fig. 21 eine thermische Konditionierung eines
Ablegewegs
- Fig. 22 Führungs- und Andrückmittel zur Verlegung von
Endlosfaser-Strängen.

Fig. 1 illustriert im Querschnitt beispielsweise den Aufbau eines Strukturbauteils aus faserverstärktem thermoplastischem Kunststoff. Er weist eine formbildende langfaserverstärkte thermoplastische Matrix 2 auf und eine integrierte lasttragende Tragstruktur 4, welche aus konsolidierten Endlofaser-Strängen 3 mit thermoplastischer Matrix gebildet wird. Wesentlich ist hier, dass die Langfaser-Matrix und die Endlofaser-Matrix soweit miteinander kompatibel sind, dass sie an ihren gegenseitigen Kontaktflächen 6 (Interface) miteinander verschmolzen, d.h. thermoplastisch verbunden sind.

Beispiele dieser Tragstruktur 4 sind in den Fig. 2 und 3 gezeigt, wobei die Endlofaser-Stränge 3 vorzugsweise mindestens eine geschlossene Masche 10 bilden (Fig. 2). Fig. 3 zeigt eine Tragstruktur 4, bei der die Endlofaser-Stränge in verschiedene Richtungen verlaufend, ein fachwerkartiges Muster 11 bilden und an inneren Verbindungsstellen 7 miteinander thermoplastisch verbunden sind. Die Tragstruktur 4 eines Strukturbauteils kann dabei aus einem Strang gebildet werden oder es können auch mehrere Stränge, nach Bedarf auch mit unterschiedlicher Stärke und Querschnittsform, eingesetzt werden. Es ist wichtig, dass ein Materialschluss zwischen der Langfaser-Masse 2 und den Endlofaser-Strängen 3 erreicht wird, wozu die Matrixmaterialien der beiden Elemente vorzugsweise identisch sind, mindestens aber soweit kompatibel sein müssen, dass die beiden Materialien an den Grenzflächen 6 durch Diffusion miteinander vermischt werden.

Als Matrixmaterialien für die Langfaser-Verstärkung 2 und die Endlofaser-Stränge 3 eignen sich Polypropylen (PP), Polyamid (PA), Polyethylenterephthalat (PET), Polybutylen-

terephthalat (PBT), thermoplastische Polyurethanen (PUR), Polycarbonat (PC) als kostengünstigere technische Kunststoffe für entsprechende Anwendungen, während Polyimide (PI), Polyphenylsulfid (PPS) oder Polyetheretherketon (PEEK) für besonders anspruchsvolle Anwendungen denkbar sind.

Als Verstärkungsfasern 13 der Endlosfaser-Stränge wird vorzugsweise Glas, für anspruchsvolle Aufgaben auch Kohle oder Aramid eingesetzt, während für die Langfaser-Verstärkung 12 meist die kostengünstigen Glasfasern ausreichen.

Mit den Endlosfaser-Strängen der Tragstruktur 4 werden die hohen mechanischen Eigenschaften der Strukturbauteile erreicht, während die Langfaser-Verstärkung 2 eine Formgebungs- und Stützfunktion bildet. Dazu ist es wesentlich, dass zwischen Endlosfaser-Strängen und Langfaser-Verstärkung ein sehr guter Kontakt und gute Kraftübergang erreicht wird, wozu die Langfaser-Verstärkung auch einen genügend hohen Faseranteil aufweisen sollte, um damit auch die Unterschiede in der thermischen Dehnung zu minimieren. Die Verstärkung der Langfaser-Matrix sollte daher mindestens einen Faseranteil von 10 Vol%, vorzugsweise 15 - 25 Vol% aufweisen. Während die Endlosfaser-Stränge 13 einen Faseranteil von mindestens 40 Vol%, vorzugsweise von 45 - 55 Vol% aufweisen.

Um die Endlosfaser-Stränge je nach Ablegeweg 39 (Fig. 3, 13) gut biegen und auch nach Bedarf formen zu können, sind sie vorzugsweise tordiert, gemäss Fig. 4. Um sie auch beim Verpressen gut zusammenzuhalten, können die Endlosfaser-Stränge auch umwickelt (16 in Fig. 5) oder von einem geflochtenen Schlauch 17 ummantelt sein. Fig. 4 zeigt einen

runden, Fig. 5 einen flachen Querschnitt. Die Endlosfaser-Stränge 3 weisen grossteils längsorientierte Endlosfasern auf, welche mit Matrixmaterial voll imprägniert, kompaktiert und konsolidiert sind. Bei der Herstellung der konsolidierten Endlosfaser-Stränge kann die Tordierung auch unterschiedlich stark ausgeführt werden, je nachdem, ob bei der Verlegung auf dem Ablegeweg grössere oder kleinere Krümmungen auftreten, d.h. ein Endlosfaser-Strang kann im Bereich starker Krümmung eine entsprechend stärkere Tordierung und in Bereichen schwacher Krümmung eine sehr geringe Tordierung aufweisen. Falls keine Krümmungen zur Seite auftreten, können auch flache Bänder ohne Tordierung, d.h. im wesentlichen UD-Bänder, eingesetzt werden.

Die durch Fliesspressen hergestellte Langfaser-Verstärkung weist vorzugsweise grössere Faserlängen auf als dies beim Spritzgiessen möglich ist. Dazu sollte ein grosser Anteil der Fasern mindestens 5 mm Länge aufweisen, wobei vorzugsweise die Faserlänge grossteils in einem Bereich von 10 - 30 mm liegen kann. Wichtig ist eine einwandfreie Imprägnierung, Vermischung und Konsolidierung auch der Langfaser-Verstärkung.

Da die plastifizierten Endlosfaser-Stränge bei der Verlegung in beliebige Richtungen bewegt und umgeformt werden können, so können auf einfache Art auch kraftaufnehmende Inserts 21, wie in Fig. 6 dargestellt, mit den Endlosfaser-Strängen verbunden bzw. von diesen umschlungen werden. Damit können kraftaufnehmende Elemente, z.B. Sicherheitsgurt-Verankerungen in Fahrzeugzellen hergestellt werden (Fig. 15).

Fig. 6a zeigt im Schnitt und Fig. 6b von oben ein Beispiel eines zweiteiligen Inserts 21, welches durch das Schliessen

der Form bis zur gewünschten Lage zusammengedrückt wird und dadurch mittels einer ansteigenden Flanke 19 die Endlosfaser-Stränge 3 zudem noch definiert spannen kann. Im Insert ist ein Gewinde 20 angebracht. Auf der rechten Seite in Fig. 6a liegt die Überlappung des Endlosfaser-Strangs 3, welcher hier entsprechend mehr zusammengedrückt und verformt wird.

Je nach Anforderungen an das Strukturbauteil können neben Inserts auch weitere Einlagen integriert werden, wie in Fig. 7 dargestellt ist. Hier ist beispielsweise ein hochfestes endlosfaserverstärktes Rohrprofilstück 23 mit abgeflachtem Ende mit einem Endlosfaser-Strang 3 verbunden, wobei hier zudem noch eine lokale Endlosfaser-Gewebeeinlage 24 die Krafteinleitungen unterstützt. Wichtig ist immer die einwandfreie thermoplastische Verbindung der Elemente.

Die weite Ausgestaltungs- und Formungsmöglichkeiten der erfindungsgemässen Strukturbauteile werden in den Fig. 8 und 9, welche räumliche "Profilquerschnitte" 26, 27 bilden, illustriert. Fig. 8 zeigt dabei zwei beabstandete Endlosfaser-Stränge 3, welche über eine Verrippung 28 der Langfaser-Masse 2 verbunden sind.

Fig. 9 zeigt beispielsweise einen Schnitt durch einen Rahmenträger 27 einer Fahrzeugzelle, welcher einen Flansch 29 zur Aufnahme eines Scheibenglases enthält und welcher wiederum Versteifungsrippen 28 in Kombination mit den krafttragenden profilierten, flachen Endlosfaser-Strängen 3 aufweist.

Mit Vorteil und je nach Anwendung können an den Strukturbauteilen offene äussere Verbindungsstellen 8 ausgebildet werden, welche aus Endlosfaser-Strängen bestehen, um damit

eine bestmögliche Krafteinleitung in das Strukturbauteil sicherzustellen, wie dies im Beispiel von Fig. 10 gezeigt ist durch entsprechende Formwerkzeugteile 51.1, 51.2 (s. Fig. 19). Damit können Strukturkörper 90 in weitgehend beliebiger Art und Weise aus mehreren einzelnen Strukturbauteilen 1 zusammengestellt werden, indem diese Strukturbauteile an äusseren Verbindungsstellen 8, welche vorzugsweise aus Endlosfaser-Strängen gebildet werden, miteinander verbunden werden. Dies kann vorzugsweise durch Verschweissen oder Kleben erfolgen.

Das Beispiel von Fig. 11 zeigt eine Fahrzeugzelle, welche aus einer Bodengruppe 96, zwei Seitenwänden 97, einem Heckteil 98 und einem Frontteil 99 zusammengesetzt wird durch Verbinden der Stellen 8.

Fig. 12 zeigt ein weiteres Beispiel eines Strukturkörpers, welcher aus zwei Strukturbauteilen 1, hier als Halbschalen ausgebildet, zusammengesetzt ist: aus einem U-Profil 92 und einem Deckel 93, welche zusammen den Hohlprofilträger 91 bilden mit unterschiedlichen Querschnittsformen der EF-Stränge 3.

Zur Herstellung von erfindungsgemässen Strukturbauteilen eignet sich das folgende Verfahren, welches sich z.B. mit einer Anlage wie in Fig. 18 gezeigt ist, ausführen lässt:

Eine plastifizierte, langfaserverstärkte Kunststoffmasse wird formgerecht in ein offenes, zweiteiliges Formwerkzeug 51 in einer Presse abgelegt, wobei im gleichen Zyklus mit einer Ablegevorrichtung 54 konsolidierte, plastifizierte Endlosfaser-Stränge 3 vor und/oder nach der langfaserverstärkten Masse örtlich definiert längs eines vorgegebenen Ablegewegs 39 in das Formwerkzeug eingelegt und

durch Fixiermittel 40 soweit an Ort gehalten werden, dass mit dem Pressen und Schliessen des Formwerkzeugs 51 eine gewünschte Tragstruktur 4 der Endlosfaser-Stränge 3 entsteht und wobei mit dem Verpressen vor allem auch gleichzeitig eine einwandfreie thermoplastische Verbindung an der Kontaktfläche 6 zwischen Langfaser-Masse und Endlosfaser-Strängen hergestellt wird.

Vorzugsweise werden dabei zuerst die Endlosfaser-Stränge 3 in das untere Formwerkzeug 51.1 abgelegt und anschliessend die langfaserverstärkte Masse 2 darauf eingebracht, worauf dann die Verpressung erfolgt.

In einer anderen Variante des Herstellverfahrens können die Endlosfaser-Stränge 3 auf ein Transportgitter 31 abgelegt, darauf fixiert und anschliessend in das offene Formwerkzeug 51 transferiert werden. Hier können die Ablage der Endlosfaser-Stränge 3 und das Einbringen der Langfaser-Masse 2 in die Form nebeneinander und gleichzeitig erfolgen, womit kürzere Herstellzyklen erreichbar sind. Fig. 13 zeigt ein solches Transportgitter 31 zum Ablegen der Endlosfaser-Stränge auf einem Einlegegitter 32 in einem Transferrahmen 33 zum Transfer in die Presse. Das Einlegegitter kann aus einem grobmaschigen Textilgitter (z.B. mit 4 - 10 mm Maschenweite) bestehen und nach dem Verpressen im Strukturbauteil verbleiben. Der Transferrahmen 33 wird dann mit einem neuen Einlegegitter 32 für den neuen Zyklus versehen. Durch Einschmelzen der Endlosfaser-Stränge in das Einlegegitter kann eine sehr gute Fixierung entsprechend dem erforderlichen Ablegeweg 39 erreicht werden.

Fig. 14 zeigt ein Strukturbauteil mit zwei Lagen von Endlosfaser-Strängen 3.1 und 3.2. Dies kann hergestellt werden, indem zuerst die Endlosfaser-Stränge 3.1 in die

untere Formhälfte abgelegt, anschliessend die Langfaser-Masse 2 eingebracht wird und eine erste Verpressung erfolgt. Dann werden das Formwerkzeug und die Presse wieder geöffnet und ein Ablegeweg auf der Langfaser-Masse 2 für eine zweite Lage von Endlosfaser-Strängen 3.2 wird oberflächlich durch lokale Heizung aufgeschmolzen, worauf eine zweite Lage von Endlosfaser-Strängen 3.2 verlegt, anschliessend verpresst und dabei mit der Langfaser-Masse 2 thermoplastisch verbunden wird.

Fig. 15 zeigt schematisch die Verlegung von Endlosfaser-Strängen längs eines Ablegewegs 31 für eine Fahrzeug-seitenwand als Strukturbauteil, welche hier eine gitter-artige Tragstruktur 11 bilden. Die EF-Stränge 3 werden hier durch Fixierstifte 61, Umlenkelemente 62 und auch Inserts 21 (hier als Sicherheitsgurt-Verankerung) auf dem Ablegeweg 39 fixiert (s. auch Fig. 6 und 18). Es können dabei einer oder mehrere Stränge 3, am Ablegeweg stellenweise auch doppelt geführt, verlegt werden mit inneren Verbindungsstellen 7.

Das Ablegen und Fixieren der Endlosfaser-Stränge kann auf folgende Arten erreicht werden:

- indem zuerst der Anfang 3A eines Endlosfaser-Strangs am Werkzeug 51 fixiert und anschliessend unter leichter Spannung abgelegt und sein Ende 3E wiederum unter Aufrechterhaltung einer angemessenen Spannung am Formwerkzeug 51 fixiert wird,
- indem der Endlosfaser-Strang 3 durch die Ablegevorrichtung 54 so dosiert an die Form angedrückt wird, dass der Strang flach anliegt und die gewünschte Lage und Querschnittform im Formwerkzeug 51 annimmt (Fig. 22),

- indem der der Endlofaser-Strang 3 mindestens stellenweise, d.h. am Anfang 3A, bei Richtungsänderungen des Ablegewegs und am Ende 3E an der Form angeschmolzen wird (41 in Fig. 21),
- indem die Endlofaser-Stränge 3 durch Kontakt mit dem kühleren Formwerkzeug 51 soweit verfestigt werden, dass sie während des Verpressens fixiert bleiben und dass sie dabei andererseits an ihren Kontakflächen 6 wieder vollständig mit der Langfaser-Masse 2 verschmelzen
- indem im geschmolzenen Zustand am Anfang 3A und Ende 3E eines Endlofaser-Strangs Augen 43 eingeschmolzen werden durch Verpressen und teilweises Verfestigen (Fig. 16) und wobei diese geformten Enden 3A, 3E nach der Ablage des Endlofaser-Strangs 3 durch die heisse Langfaserschmelze oberflächlich wieder aufgeschmolzen und verbunden werden
- und indem an den Enden 3A, 3E der aufgeschmolzenen Endlofaser-Stränge Halteelemente 45 mit Einstecklöchern 46 aufgeschmolzen werden, welche nach der Ablage der heissen Langfaser-Masse 2 mit dieser verschmelzen (Fig. 17).

Fig. 16 zeigt ein Ende 3A oder 3E eines Endlofaser-Strangs, in welches im geschmolzenen Zustand ein Auge 43 eingeformt wurde, welches in wieder verfestigtem Zustand an einem Fixierstift 61 des Formwerkzeugs eingesteckt werden kann zum Ablegen.

Fig. 17 zeigt Halteelemente 45, welche an Enden 3A, 3E der Endlofaser-Stränge aufgeschmolzen werden und in welche Einstecklöcher 46 zum Fixieren an Fixierstiften 61 eingestanzt werden. Im gezeigten Beispiel werden zwei Halteelemente hergestellt durch Abstanzen längs der Trennlinie

47. Die Halteelemente 45 bestehen vorzugsweise aus gleichem Material wie die Endlosfaser-Stränge 3.

Auch an der Anlage (Fig. 19) sind Fixiermittel vorgesehen zur Fixierung der Endlosfaser-Stränge in der gewünschten Endlage während des Herstellprozesses. Wie in Fig. 18 gezeigt, können dies Fixierstifte 61 oder Umlenkelemente 62 (Fig. 2, 15) für die Endlosfaser-Stränge darstellen, welche am unteren Teil des Formwerkzeugs 51.1 angeordnet sind.

Diese Fixierstifte 61 und Umlenkelemente 62 können bewegbar ausgebildet sein (63) und unter einer passend gewählten Vorspannung 65 nach oben gedrückt werden. Beim Schliessen der Presse wird der Fixierstift dann durch den oberen Teil 51.2 des Formwerkzeugs nach unten geschoben. Diese Bewegung der Fixierstifte 61 kann auch durch einen steuerbaren Antrieb 64 erfolgen, z.B. elektrisch oder in Form eines hydraulischen Kolbens, welcher auch zum Entformen einsetzbar ist. Die Fixierstifte 61 können auch ausserhalb des herzustellenden Strukturbauteils, jedoch noch im Formwerkzeug, angebracht sein. Das überstehende Stück kann dann nach der Herstellung abgetrennt werden (siehe Trennlinien 47 in Fig. 3 und 10).

Fig. 19 zeigt eine Anlage zur Herstellung von Strukturbauteilen mit einer Langfaser-Plastifizier- und Strangablegevorrichtung 52, einem zweiteiligen Formwerkzeug 51.1, 51.2 in einer Presse 56 und mit einer Endlosfaser-Strang-Plastifizier-Einrichtung 53, welche eine zugeordnete Ablegevorrichtung 54 aufweist, sowie mit einer Steuerung 57 zur zeitlich koordinierten Bewegungsführung der Anlagekomponenten und zur Temperaturkonditionierung, zum Verlegung der Endlosfaser-Stränge 3 und zum formgerechten Einbringen

der Langfaserschmelze 2 sowie zum thermoplastischen Verbinden von Endlosfaser-Strängen und Langfaser-Matrix.

Die Fig. 20 - 22 zeigen weitere Führungs- und Fixiermittel der Anlage. In Fig. 20a, b sind Ausformungen im Formwerkzeug 51 dargestellt, z.B. wie Absätze 67 in Fig. 20a und Kanäle 66 in Fig. 20b, in welche die Endlosfaser-Stränge abgelegt und beim Verpressen an Ort, d.h. am vorgegebenen Ablegeweg 39 gehalten werden.

Fig. 21 zeigt eine thermische Konditionierung am Ablegeweg 39 bzw. an Ausformungen wie Kanälen und Absätzen. Dies kann z.B. in einer thermisch isolierenden Schicht 73 bestehen, welche das Abkühlen des Endlosfaser-Strangs reduziert. Es kann auch eine thermische Konditionierung 74 angebracht sein, mit welcher der Endlosfaser-Strang 3 je nach Verfahrensschritt geheizt oder gekühlt werden kann. Eine Strukturierung 75 der Oberfläche kann, falls beabsichtigt, eine Fixierung der EF-Stränge 3 ebenfalls verstärken.

Die Fig. 22a bis c zeigen Führungs- und Andrückmittel der Ablegevorrichtung 54. Ein Endlosfaser-Strang wird hier durch Führungsrollen 68 auf dem Ablegeweg geführt und durch eine Andrückrolle 69 durch entsprechende Steuerung so weit angedrückt, dass die gewünschte Querschnittsform entsteht und dass der Endlosfaser-Strang am Formwerkzeug 51 angedrückt wird.

Der Anlage kann auch eine Konsolidierungsvorrichtung 58 für die Endlosfaser-Stränge zugeordnet sein. Deren Herstellung kann z.B. aus Endlosfaser-Rovings erfolgen, welche mit Matrixmaterial imprägniert und unter passender Verdrehung kompaktiert und konsolidiert werden. Oder es kann auch eine

Umformung aus UD (unidirektionalen)-Bändern durchgeführt werden.

Eine weitere Variante der Anlage umfasst einen Speicher 59 für die Endlofaser-Stränge, aus welchem die abgelängten und konsolidierten Stränge 3 entnommen, vollständig aufgeschmolzen und verlegt werden. Vorzugsweise werden die Endlofaser-Stränge im Speicher 59 dabei bis nahe an ihre Erweichungstemperatur vorgeheizt.

Bei Bedarf kann auch eine Heizgas- oder Schutzgaskonditionierungs-Einrichtung 71 in der Anlage vorgesehen sein, um einerseits Oxidation der Matrixmaterialien zu verhindern und andererseits entsprechend den Prozessschritten lokal dosiert Endlofaser-Stränge und Ablegewege 39 zu heizen bzw. zu kühlen.

Zusammenfassend sind beim Verlegen der Endlofaser-Stränge folgende wichtige Kriterien zu erfüllen:

- a) der Endlofaser-Strang muss örtlich definiert auf einem Ablegeweg und
- b) in der gewünschten Querschnittsform verlegt sein,
- c) er darf beim Pressen nicht unzulässig verschoben oder deformiert werden, so dass im Endzustand die gewünschte Lage und Querschnittsform vorliegt
- d) und er muss mit der Langfaser-Masse sowie in sich an den inneren Verbindungsstellen verschmolzen sein im Endzustand.

Folgende Mittel sind beispielsweise einsetzbar, um diese Kriterien zu erreichen:

- Die Endlosfaser-Stränge am Anfang 3A fixieren und über den Ablegeweg stellenweise, wo nötig, an Umlenkmitteln und Fixierstiften bezüglich der Form fixieren;
- an Boden des Werkzeugs fixieren durch Anpressen und Anschmelzen;
- durch entsprechende Formgebung des Werkzeugs mit Kanälen und Absätzen die abgelegten Endlosfaser-Stränge gegen Verschiebungen festhalten;
- die Langfaser-Massen-Ablage so verteilen, dass nur minimale Fliesswege der Langfaser-Masse am Ablegeweg der Endlosfaser-Stränge auftreten;
- Prozesssteuerung und thermische Konditionierung der Endlosfaser-Stränge so, dass deren Oberfläche als Kontaktfläche mit der Langfaser-Masse beim Pressen verschmilzt.

Damit können auf einfache und kostengünstige Art in kurzen Zyklen erfindungsgemässe leichte und stabile tragende Strukturbauteile, d.h. Leichtbau-Strukturteile, mit weitgehend beliebiger Formgebung hergestellt werden.

Patentansprüche

1. Strukturbauteil (1) aus faserverstärktem thermoplastischem Kunststoff, gekennzeichnet durch eine formbildende, langfaserverstärkte (LF) thermoplastische Matrix (2) und eine integrierte lasttragende Tragstruktur (4) bestehend aus konsolidierten Endlosfaser (EF)-Strängen (3) mit thermoplastischer Matrix, wobei die Langfasermatrix und die Endlosfasermatrix soweit kompatibel sind, dass sie an ihren gegenseitigen Kontaktflächen (6) (Interface) miteinander verschmolzen bzw. thermoplastisch verbunden sind.
2. Strukturbauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Endlosfaser (EF)-Stränge der Tragstruktur mindestens eine geschlossene Masche (10) bilden.
3. Strukturbauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Endlosfaser-Stränge in verschiedenen Richtungen verlaufen und an inneren Verbindungsstellen (7) fachwerkartig (11) miteinander thermoplastisch verbunden sind.
4. Strukturbauteil nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Matrixmaterial der Langfaserverstärkung (12) und das der Endlosfaser-Stränge vorzugsweise identisch ist, mindestens jedoch soweit kompatibel, dass die beiden

Materialien an den Kontaktflächen (6) durch Diffusion miteinander mischbar sind.

5. Strukturbauteil nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Matrizen der Langfaserverstärkung (2) und der Endlosfaser-Stränge (3) aus Polypropylen (PP), Polyamid (PA), Polyethylenterephthalat (PET), Polybutylen-terephthalat (PBT), thermoplastischen Polyurethanen (PUR), Polycarbonat (PC), Polyacrylaten, Polyimid (PI), Polyphenylsulfid (PPS) oder Polyetheretherketon (PEEK) bestehen.
6. Strukturbauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Verstärkungsfasern (13) der Endlosfaser-Stränge vorzugsweise aus Glas, Kohle oder Aramid bestehen und die Langfaserverstärkung (12) vorzugsweise aus Glas bestehen.
7. Strukturbauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Verstärkung (12) der Langfaser-matrix einen Faseranteil von 15 - 25 Vol% aufweist.
8. Strukturbauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Endlosfaser-Stränge (13) einen Faseranteil von mindesten 40%, vorzugsweise 45 - 55 Vol% aufweisen.
9. Strukturbauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Endlosfaser-Stränge tordiert (15) sind.

10. Strukturbauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Endlosfaser-Stränge umwickelt (16) oder von einem geflochtenen (17) Schlauch ummantelt sind.
11. Strukturbauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Langfaserverstärkung (12) einen grossen Anteil von Fasern mit mindestens 5 mm Länge aufweist, wobei vorzugsweise die Faserlänge grossteils in einem Bereich von 10 - 30 mm liegt.
12. Strukturbauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass kraftaufnehmende Inserts (21) (z.B. Gurtverankerungen) integriert sind, welche direkt mit den Endlosfaser-Strängen (3) verbunden bzw. davon umgeben sind.
13. Strukturbauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass weitere Einlagen (22) integriert sind, z.B. hochfeste endlosfaserverstärkte Rohrprofilstücke (23) oder lokale Endlosfaser-Gewebeeinlagen (24), welche mit den Endlosfaser-Strängen verbunden und mit der Langfasermatrix verschmolzen sind.
14. Strukturbauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Endlosfaser-Stränge "räumliche" Profilquerschnitte (26, 27) bilden.
15. Strukturbauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass offene äussere Verbindungsstellen (8) der Endlosfaser-Stränge vorgesehen sind.

16. Strukturkörper (90) bestehend aus mehreren Strukturbauteilen (1) nach Anspruch 1, welche Strukturbauteile vorzugsweise an äusseren Verbindungsstellen (8) der Endlofaser-Stränge miteinander verbunden sind.
17. Strukturkörper mit mindestens zwei Strukturbauteilen (1) nach Anspruch 1, welche als Halbschalen ausgebildet und miteinander verbunden sind und z.B. in Form eines U-Profils (92) mit einem Deckel (93) einen Hohlprofilträger (91) bilden.
18. Verfahren zur Herstellung eines Strukturbauteils nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine plastifizierte, langfaserverstärkte Kunststoffmasse (2) formgerecht in ein offenes, zweiteiliges Formwerkzeug (51) in einer Presse abgelegt wird und dass im gleichen Zyklus mit einer Ablegevorrichtung (54) konsolidierte, plastifizierte Endlofaser-Stränge vor und/oder nach der langfaserverstärkten Masse örtlich definiert längs eines vorgegebenen Ablegewegs (39) in das Formwerkzeug eingelegt und durch Fixiermittel soweit an Ort gehalten werden, dass mit dem Pressen und Schliessen des Formwerkzeugs eine gewünschte Tragstruktur (4) der Endlofaser-Stränge (3) entsteht und wobei mit dem Verpressen eine thermoplastische Verbindung an der Kontaktfläche (6) zwischen Langfaser-Masse und Endlofaser-Strängen hergestellt wird.
19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass zuerst die Endlofaser-Stränge (3) in das untere Formwerkzeug (51.1) abgelegt und anschliessend die

langfaserverstärkte Masse (2) darauf eingebracht wird und dann die Verpressung erfolgt.

20. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Endlosfaser-Stränge (3) auf ein Transportgitter (31) abgelegt, darauf fixiert und anschliessend in das offene Formwerkzeug (51) transferiert werden.
21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass zuerst die langfaserverstärkte Masse in das Formwerkzeug abgelegt, anschliessend das Transportgitter (31) mit den Endlosfaser-Strängen (3) in das offene Formwerkzeug transferiert wird und schliesslich die Verpressung erfolgt.
22. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass zuerst die Endlosfaser-Stränge (3.1) in die untere Formhälfte (51.1) abgelegt, anschliessend die Langfasermasse (2) eingebracht und eine erste Verpressung erfolgt, worauf Presse und Formwerkzeug wieder geöffnet, ein Ablegeweg auf der Langfaser-Masse (2) für eine zweite Lage von Endlosfaser-Strängen oberflächlich aufgeschmolzen wird durch lokale Heizung, darauf eine zweite Lage von Endlosfaser-Strängen (3.2) verlegt und anschliessend verpresst und dabei mit der Langfaser-Masse (2) thermoplastisch verbunden wird.
23. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass zuerst der Anfang (3A) eines Endlosfaser-Strangs am Werkzeug fixiert wird, anschliessend unter leichter Spannung abgelegt und sein Ende (3E) wiederum unter Aufrechterhaltung einer gewissen Spannung am Formwerkzeug (51) fixiert wird.

24. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Endlosfaser-Stränge (3) nacheinander mit Verbindungsstellen bzw. Kreuzungsstellen (7) untereinander abgelegt werden, so dass eine fachwerkartige Tragstruktur (11) entsteht.
25. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass der Endlosfaser-Strang (3) durch die Ablegevorrichtung (54) so dosiert an die Form angedrückt wird, dass der Strang flach anliegt und die gewünschte Lage und Querschnittform im Formwerkzeug (51) annimmt.
26. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass der Endlosfaser-Strang (3) mindestens stellenweise, d.h. am Anfang (3A), bei Richtungsänderungen des Ablegewegs und am Ende (3E) an der Form angeschmolzen wird (41).
27. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Endlosfaser-Stränge (3) durch Kontakt mit dem kühleren Formwerkzeug (51) soweit verfestigt werden, dass sie während des Verpressens fixiert bleiben und dass sie dabei andererseits an ihren Kontakflächen (6) wieder vollständig mit der Langfaser-Masse (2) verschmelzen.
28. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass an Anfang (3A) und Ende (3E) eines Endlosfaser-Strangs im geschmolzenen Zustand Augen (43) eingeschmolzen werden durch Verpressen und teilweises Verfestigen und dass diese geformten Enden (3A, 3E) nach der Ablage des Endlosfaser-Strangs (3) durch die

heisse Langfaserschmelze oberflächlich wieder aufgeschmolzen und verbunden werden.

29. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass an den Enden (3A, 3E) der aufgeschmolzenen Endlofaser-Stränge Halteelemente (45) mit Einstecklöchern (46) aufgeschmolzen werden, welche bei der Ablage der heissen Langfaser-Masse (2) mit dieser verschmelzen.
30. Anlage (50) zur Ausführung des Verfahrens nach Anspruch 18, gekennzeichnet durch eine Langfaser-Plastifizier- und Strangablegevorrichtung (52), ein zweiteiliges Formwerkzeug (51) in einer Presse (56) und eine Endlofaser-Strang-Plastifizier-Einrichtung (53) mit zugeordneter Ablegevorrichtung (54) sowie mit einer Steuerung (57) zur zeitlich koordinierten Bewegungsführung der Anlagekomponenten und zur Temperaturkonditionierung, zum Verlegung der Endlofaser-Stränge (3) und zum formgerechten Einbringen der Langfaserschmelze (2) sowie zum thermoplastischen Verbinden (6) von Endlofaser-Strängen und Langfaser-Matrix.
31. Anlage nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, dass Fixiermittel (61, 62, 66, 69, 75) zugeordnet sind zur Fixierung der Endlofaser-Stränge in der gewünschten Endlage während des Herstellprozesses.
32. Anlage nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, dass Fixierstifte (61) und Umlenkelemente (62) für die Endlofaser-Stränge am unteren Teil des Formwerkzeug (51.1) angeordnet sind.

33. Anlage nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, dass die Fixierstifte und Umlenkelemente bewegbar (63) sind und gegen eine Vorspannung (65) durch den oberen Teil (51.2) des Formwerkzeugs beim Schliessen der Presse (56) zugeschoben werden.
34. Anlage nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, dass die Fixierstifte einen steuerbaren Antrieb (64) aufweisen und zum Entformen einsetzbar sind.
35. Anlage nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, dass Fixierstifte (61) ausserhalb des herzustellenden Strukturbauteils (1), jedoch im Formwerkzeug (51) angebracht sind.
36. Anlage nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkzeug Ausformungen wie Kanäle (66) und Absätze (67) aufweist, mit welchen die abgelegten Endlosfaser-Stränge (3) beim Verpressen an Ort gehalten werden.
37. Anlage nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausformungen, d.h. der Ablegeweg (39) im Formwerkzeug thermisch isoliert (73) bzw. konditioniert (74) sind.
38. Anlage nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, dass die Ablegevorrichtung Führungs- und Andruckmittel aufweist, z.B. in Form von Führungsrollen (68) und Andrückrollen (69).
39. Anlage nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, dass ein Transportgitter (31) vorgesehen ist zum Ablegen der Endlosfaser-Stränge mit einem Einlegegitter (32) in einem Transferrahmen (33) zum Transfer in die

Presse, wobei das Einlegegitter nach dem Verpressen im Strukturbauteil (1) integriert sein kann und der Transferrahmen mit einem neuen Einlegegitter für den nächsten Zyklus versehen wird.

40. Anlage nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, dass eine Konsolidierungsvorrichtung (58) für die Endlosfaser-Stränge zugeordnet ist.
41. Anlage nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, dass ein Speicher (59) für die Endlosfaser-Stränge vorgesehen ist, von welchem die abgelängten konsolidierten Endlosfaser-Stränge (3) entnommen, aufgeschmolzen und verlegt werden.
42. Anlage nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, dass eine Heissgas- und/oder eine Schutzgas-Konditionierung (71) vorgesehen ist.

Zusammenfassung

Das Strukturbauteil weist eine formbildende, langfaser-verstärkte thermoplastische Matrix (2) und eine integrierte Tragstruktur (4) auf, welche aus konsolidierten Endlosfaser-Strängen (3) mit thermoplastischer Matrix besteht. Die Langfaser-Matrix und die Endlosfaser-Matrix sind kompatibel und an ihren gegenseitigen Kontaktflächen (6) miteinander verschmolzen. Dies ergibt leichte, einfach, rasch und kostengünstig herstellbare tragende Strukturbauteile.

(Fig. 1)

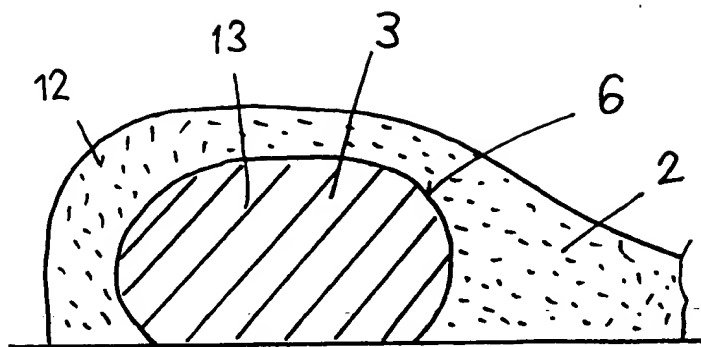


Fig.1

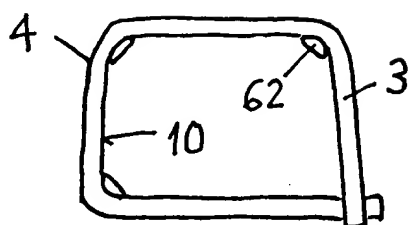


Fig.2

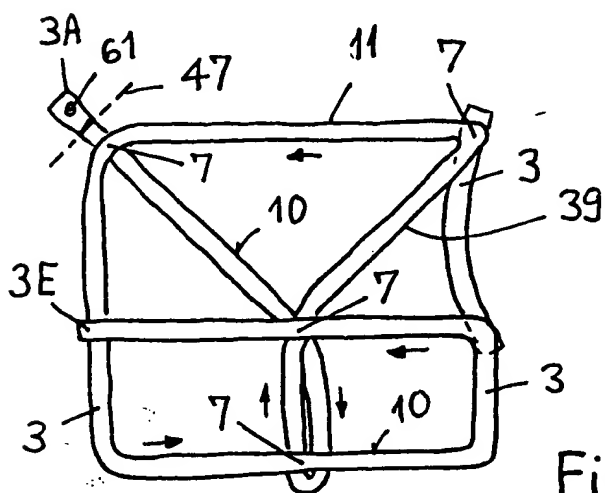


Fig.3

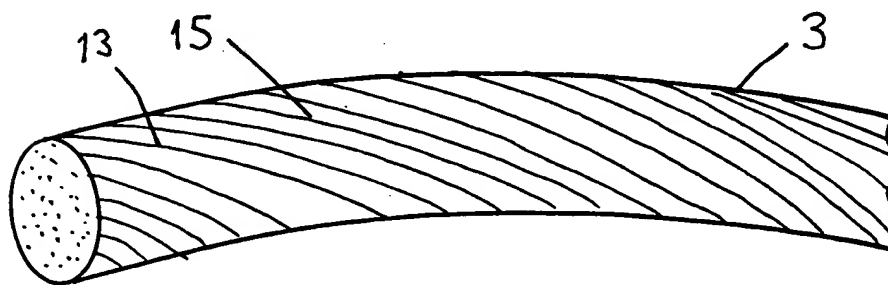


Fig.4

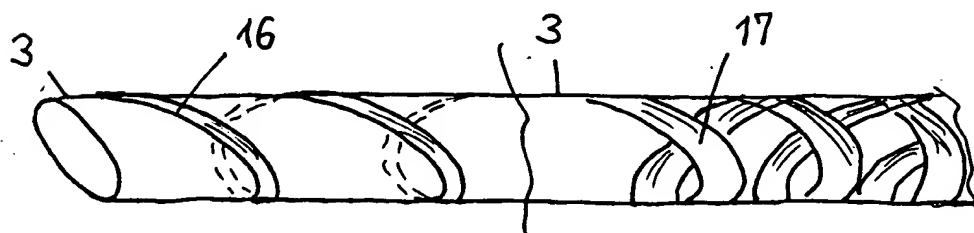
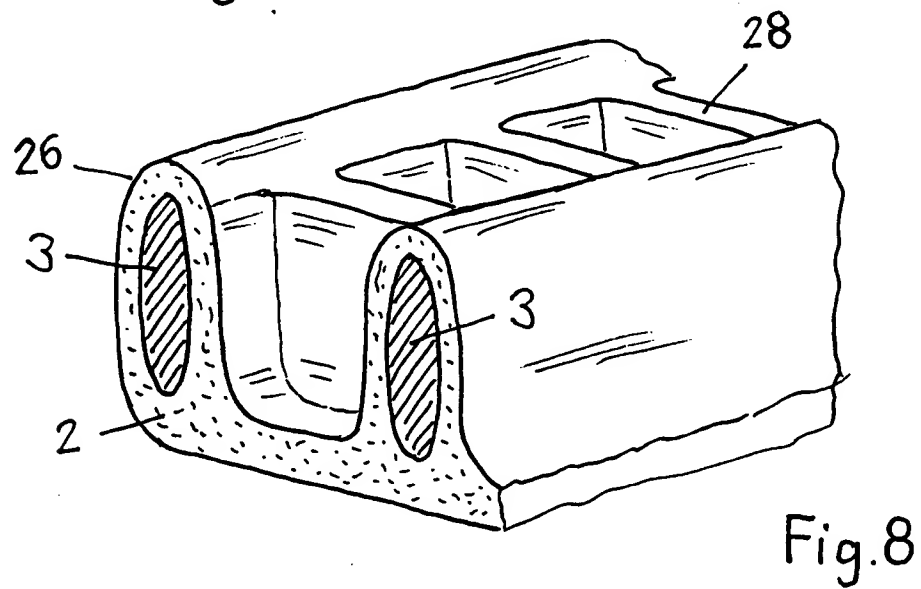
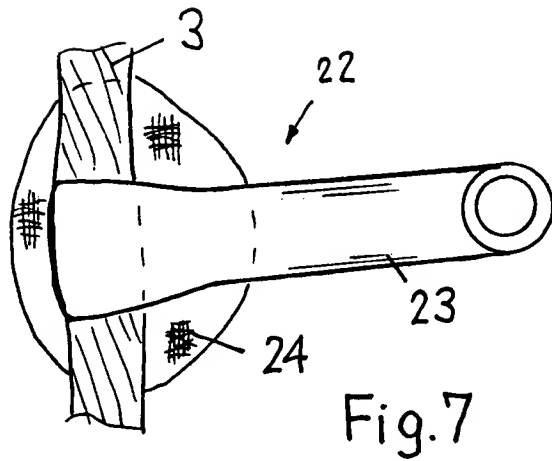
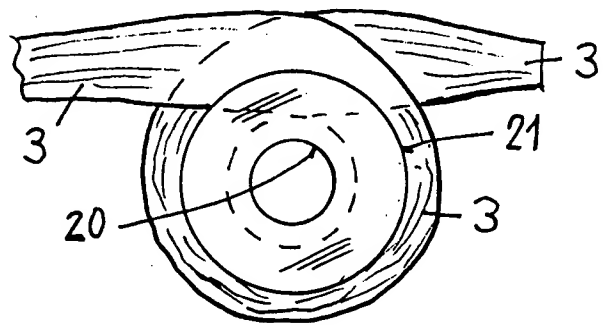
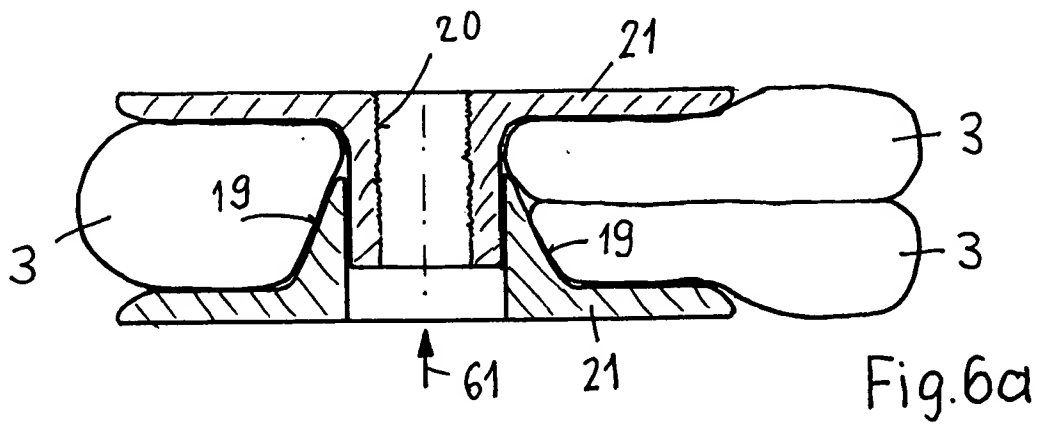


Fig.5



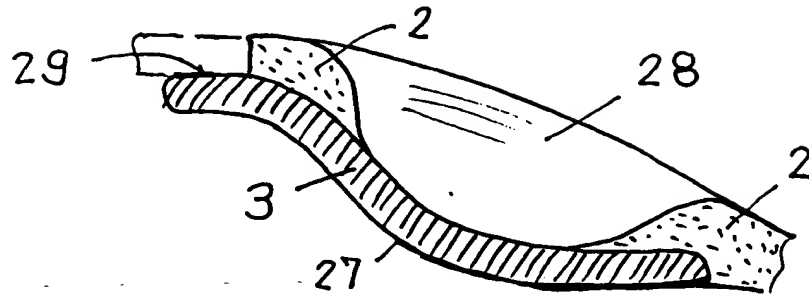


Fig. 9

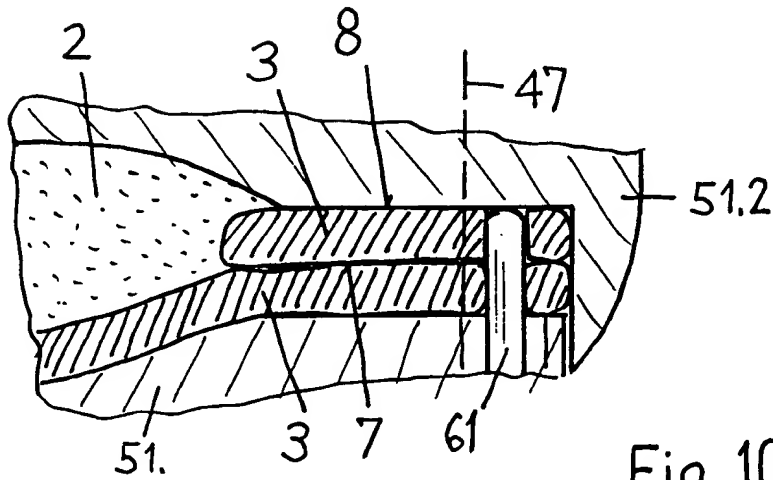


Fig. 10

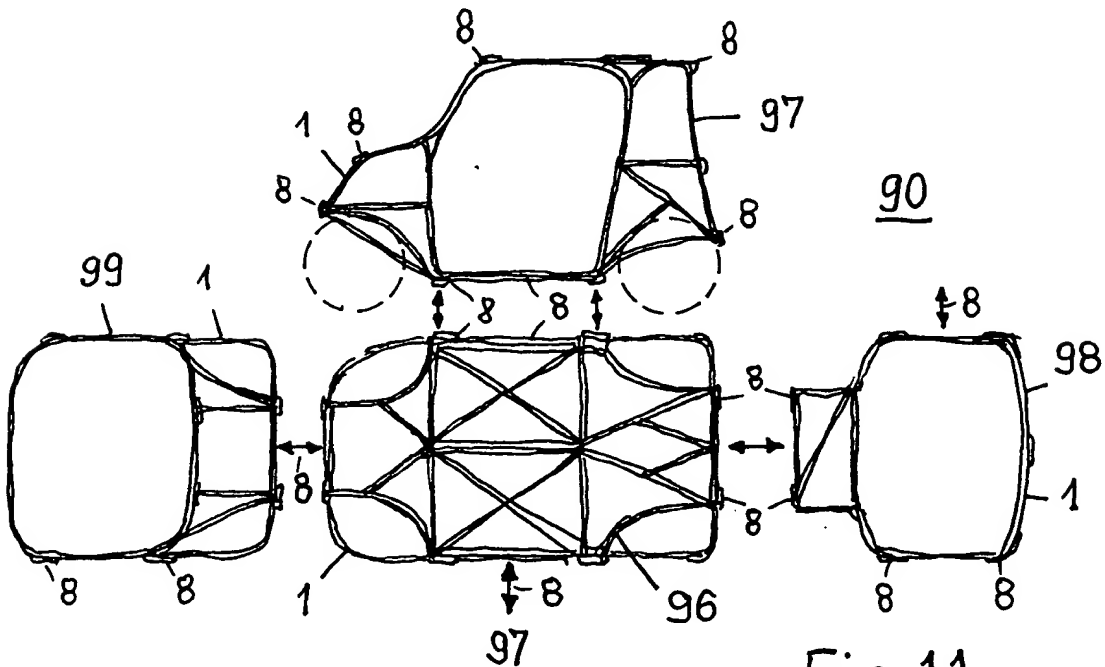
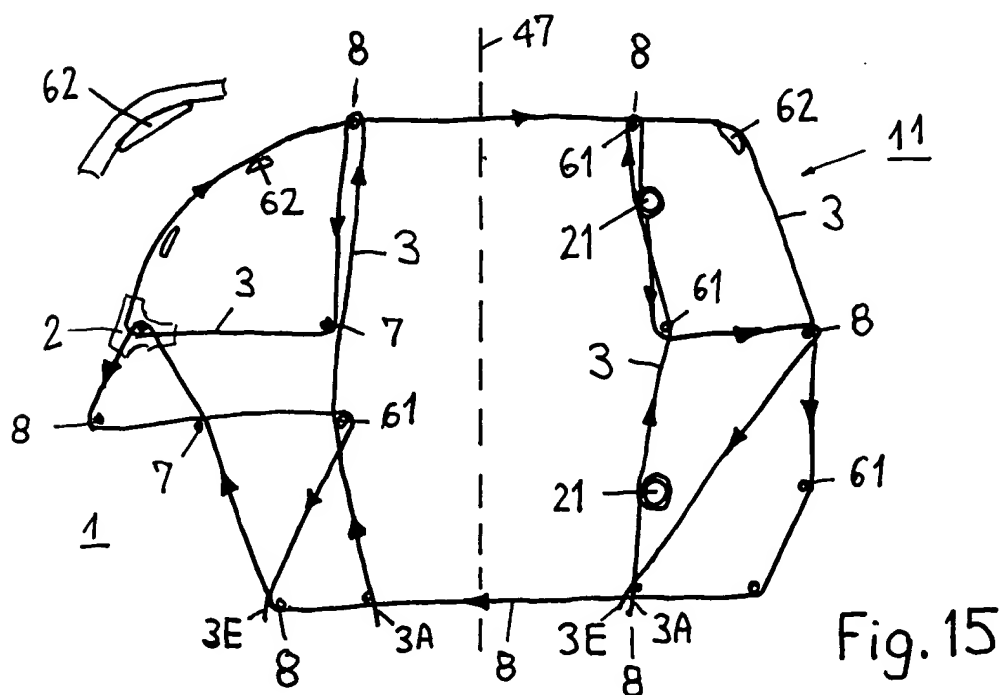
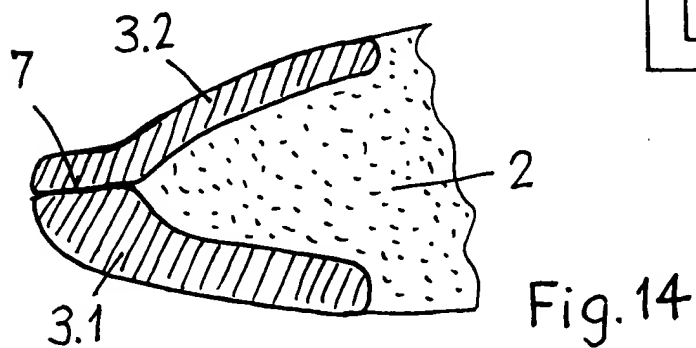
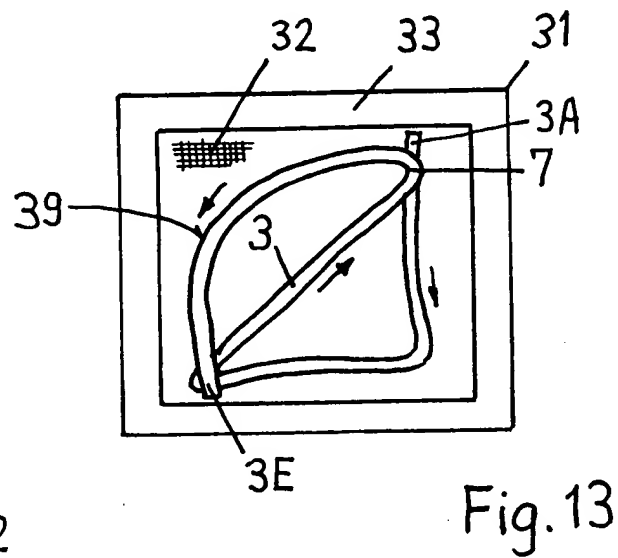
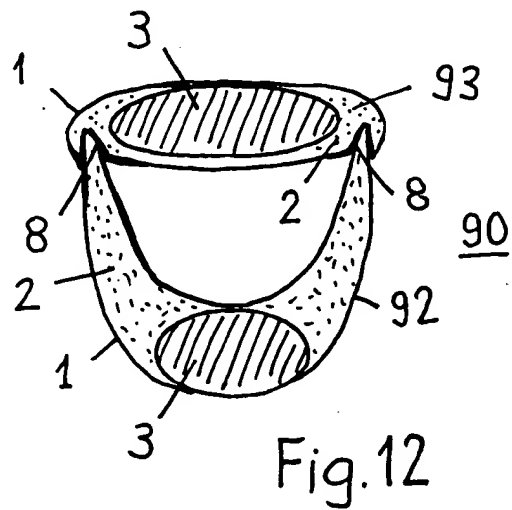


Fig. 11



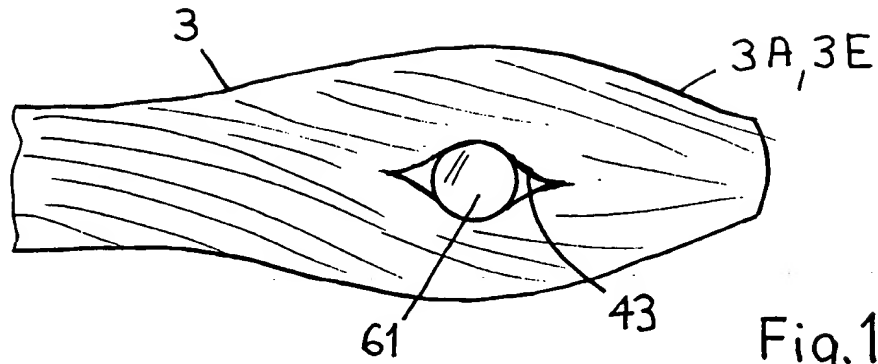


Fig. 16

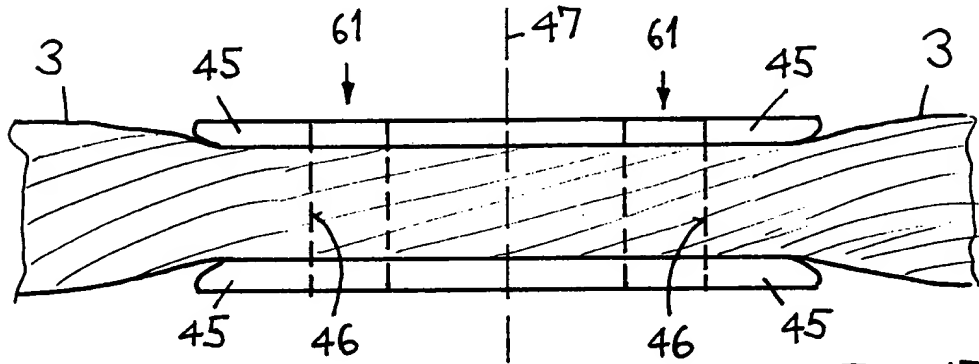


Fig. 17

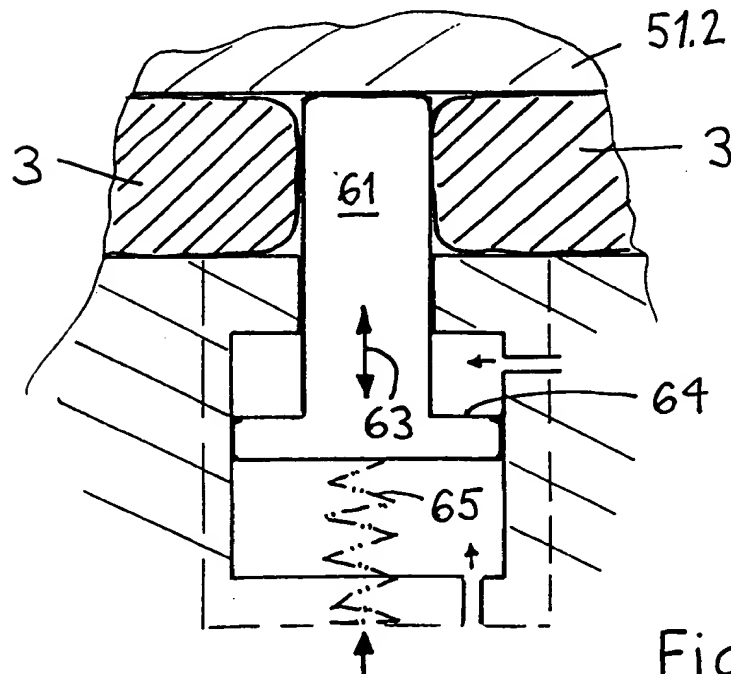


Fig. 18

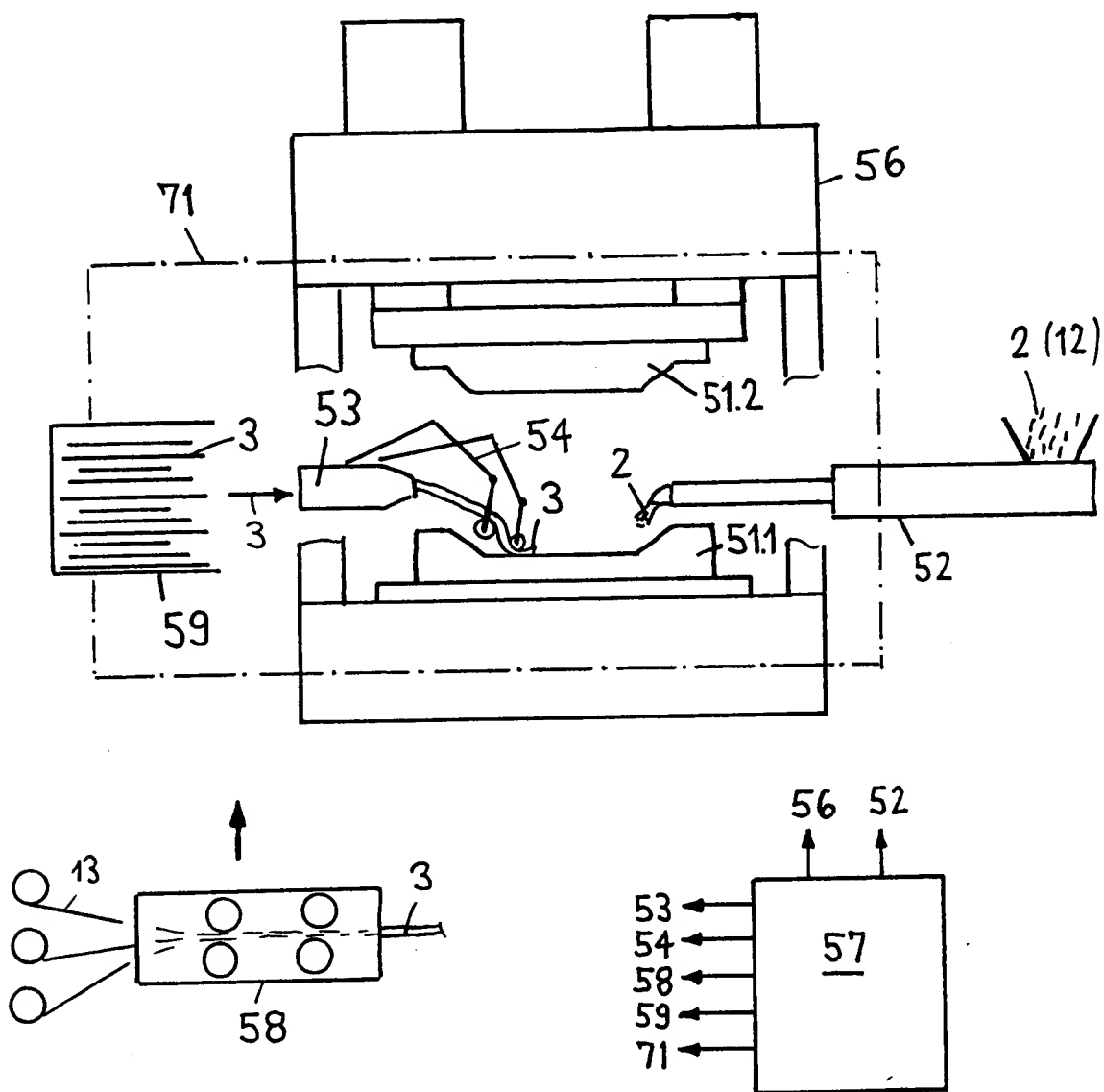


Fig. 19

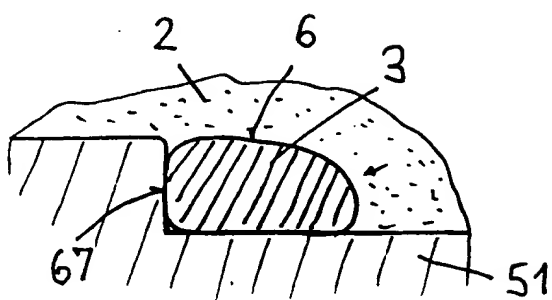


Fig. 20a

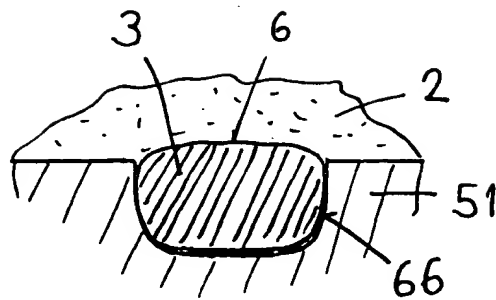


Fig. 20b

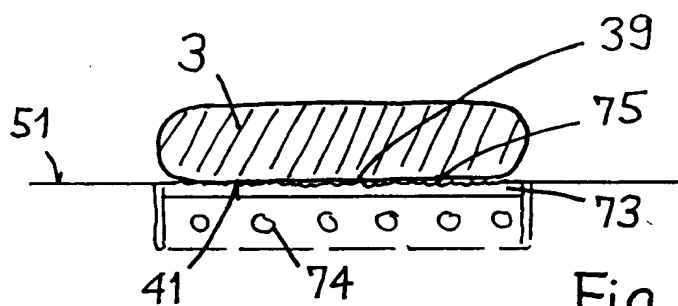


Fig. 21

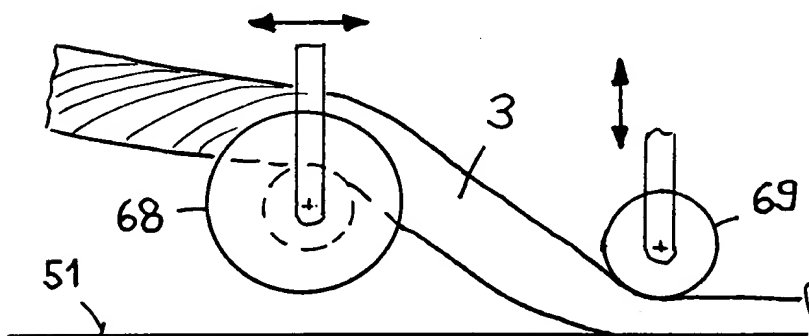


Fig. 22a

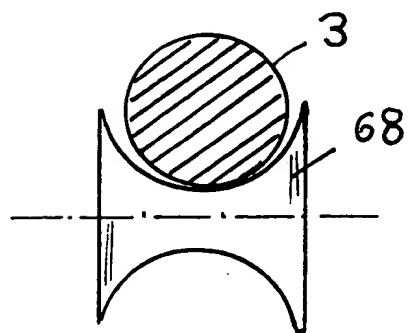


Fig. 22b

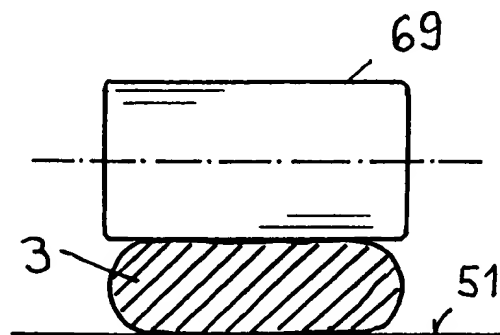


Fig. 22c

THIS PAGE BLANK (USPTO)